全天日射計　ISO,WMO 標準規格　CHF-LP02

取扱説明書

Rev 2.1

2014 年 2 月

Based ON

LP02 manual 取扱説明書 ver. 0914

Edited & Copyright by:

Hukseflux Thermal Sensors

http://www.hukseflux.com

e-mail: info@hukseflux.com

クリマテック株式会社

〒171-0014　東京都豊島区池袋 2-54-1　東拓ビル 4F

Tel　03−3988−6616

Fax　03−3988−6613

E-mail　support@weather.co.jp

URL　http://www.weather.co.jp/

警告:

警告と安全性について

LP02 は受動型センサーで、電源は必要としません(アンプ内蔵型を除く)。

LP02 センサーの配線間に 12 ボルト以上の電圧を加えると、センサーへの永久的な損傷を与えることになります。

E-maill: support@weather.co.jp
URL: http://www.weather.co.jp/

目次

記号/用語一覧

電圧出力	U	μV
LP02 の感度	E	$\mu V/Wm^{-2}$
時間	t	s
応答時間	τ	s
温度	T	°C
温度差	ΔT	K
電気抵抗/インピーダンス	R_e	Ω
日射量	Φ	W/m^2
放射の波長	n	nm
放射の積算値	S	J/m^2
方向誤差	-	%

文字表記

sen	センサー値
sh	シャント抵抗
new	変更後の値

概要

LP02 全天日射計は、最も汎用性の高い全天日射計です。最新の ISO と WMO 標準規格であるセカンドクラスに準拠しており、旧来の「星型」または「白黒型」と呼ばれる全天日射計にあった白色反射塗装による不安定問題を解決しています。

LP02 全天日射計は水平面に入射する太陽光(全天日射:W/m^2 で表されます)を 180 度の視野で測定します。センサー素子は熱電堆を使用しており、日射量に比例した微少電圧を出力する完全受動型センサーです。フォトダイオード型や”白黒型”と違い、太陽放射スペクトルの吸収波長特性がフラットです。

LP02 全天日射計の使用法は簡単です。精度の良い mV レンジ付のテスターにより、誰でも簡単に測定ができます(0.01mV まで測定できるテスターを推奨します)。日射量に換算するためには、電圧(U)を感度(E)で割らなければなりません。この感度（係数:E）は個々のセンサー毎に付属します。

$$\Phi = U / E \qquad 0.1$$

LP02 全天日射計は、一般的に使用されている計測システムに直接接続して使用できます。またこのセンサーは、全天候性であり CE に準じます。

LP02 全天日射計は、一般気象観測、建築、耐候試験に使用できます。
最も一般的な使用法は、気象観測の一部としての日射量観測です。
別の利用法としては、ランプなどの人工光源の可視および赤外線に近いレンジでの試験にも使用できます。 更に吸収スペクトル特性がフラットなので、植物の樹冠内日射量や、反射特性を測定することもできます。

全天日射計の測定では、センサーを水平にすることが必要です。（水平調整用ネジと水準器が付属しています。）
通常は水平に取り付けますが、傾けたり逆さまに取り付けることも可能です。

オプションをご利用いただくと、シャント抵抗を使用して LP02 の感度を調整することができます。必要であれば、「トリミングオプション」を注文してください。 その場合、“ピン”がプリント基盤に取り付けられます。 シャント抵抗を使用することにより、感度調整(当初感度よりは低く)が可能となります。 詳細につきましては、別の章にて記述します。

ISO9060 と ISO9847、WMO(世界気象機関)、及び ASTM（米国材料試験協会 ASTM E824-94）標準規格に準拠しています。また、LP02 全天日射計は、EPA（米国環境保護局 EPA-454/R-99-005)に準拠しており、大気安定度の推定にも使用できます。

推奨使用法は、ISO テクニカルレポート TR9901　"Solar Engergy-Field pyranometers-Recommended practice for use"にもあります。

1　梱包内容の確認

1.1　部品の確認

次の各部品がそろっていることを確認してください。

・全天日射計 LP02
・ご注文した長さのケーブル
・計器シリアル番号と一致している校正書
・ご注文のオプション部品

※校正書は安全な場所に保管してください

1.2　計器の機能

計器のテストは、テスター(マルチメーター)を用いて行うことができます。

1. 緑(-)と白(+)の配線間を測定して、センサーのインピーダンスをチェックします。テスターの 200Ω レンジを使用してください。最初にセンサーの片側の抵抗をを測定後、極性を逆にして測定値を平均してください。ケーブルの標準的なインピーダンスは 0.1Ω/m です。測定値は、センサーのインピーダンス 40～60Ω に 2 本のケーブルインピーダンス 3Ω（各 10m）を合計した値になるはずです。測定値が無限大の場合は開回路を示します。 ゼロは短絡を示します。
2. センサーが光に反応するかチェックします: テスターの DC 電圧測定最小レンジを使用してください。（通常 100mV レンジまたはそれ以下）
3. 屋外では太陽光をセンサーにあてるか、室内ではセンサーに強い光源をあてます。たとえば 100W 電球を 10 センチメートルの距離で照らしてください。電圧は数 mV を示すはずです。
4. 太陽光の下ではセンサーを何かで覆うか、室内では光源のスイッチを切って暗くしてください。センサーの電圧出力は下がり、1 分以内で 0mV に近づきます。

より詳細な設置方法およびトラブルシューティングは、次章以降に説明しています。

データロガーのプログラミングはお客様の責任で行ってください。
お客様のシステムで利用できる使用方法等があるか、販売元へお問い合わせください。

E-maill: support@weather.co.jp
URL: http://www.weather.co.jp/

2 計器原理

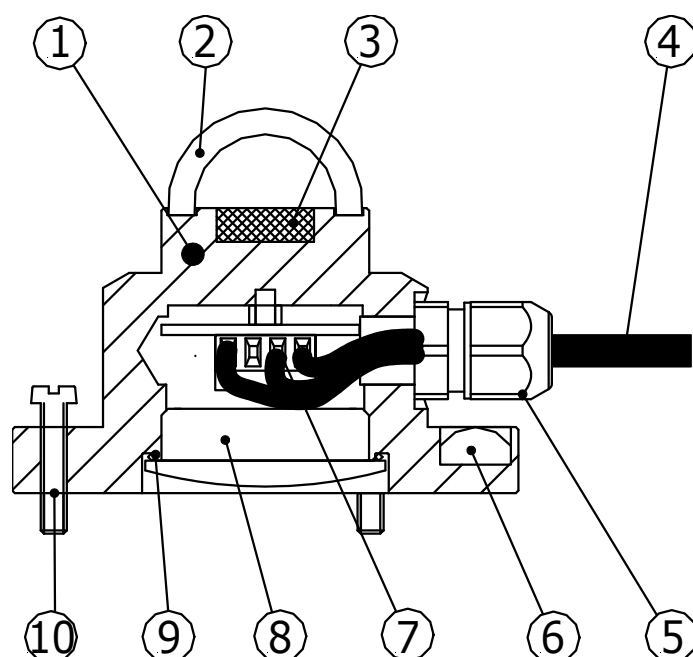



図 2.1 LP02 全天日射計

① ハウジング
② ガラスドーム
③ 熱電堆センサー（艶消し黒色塗装）
④ ケーブル　標準長さ 10m(5m)
⑤ ケーブルグランド
⑥ 水準器
⑦ ネジ式ケーブル端子台
⑧ ケーブル接続用裏蓋（ケーブル交換用）
⑨ O リング
⑩ 水平調整用ネジ

LP02 は全天日射計です。 全天日射計は 180 度の視野からの日射光を測定します。太陽の放射スペクトルはおよそ 300～2800nm の範囲にエネルギーが集中しています。したがって全天日射計はできるだけこの波長範囲に”フラット”なスペクトル感度である必要があります。

フラックス測定において、定義上、”ビーム”放射への応答は、入射角のコサインに比例することが要求されます。 すなわち、日射がセンサーに対して垂直に入射する時はフル応答(表面に対して、天頂の太陽は 0 度の入射角)、太陽が地平線にあるときはゼロ応答(90 度の入射角)、そして 60 度の入射角の場合、0.5 の応答となります。
定義から、全天日射計は理想的なコサインの特性に近い“方向特性”あるいは“コサイン特性”を持つべきであるということになります。

適切な方向特性とスペクトル特性を持つように、全天日射計の主な構成は以下のようになっています。

1. 黒色塗装熱電堆センサー
   このセンサーは、すべての日射を吸収して、300～50000nm の平坦なスペクトルをカバー、ほぼ完全なコサイン特性を持っています。
2. ガラスドーム
   このドームは 180 度の視野の間、スペクトル応答を 300～2800nm に制限します(2800nm より高い部分をカットオフ)。 ドームの別の機能として、対流から熱電堆センサーを保護しています。

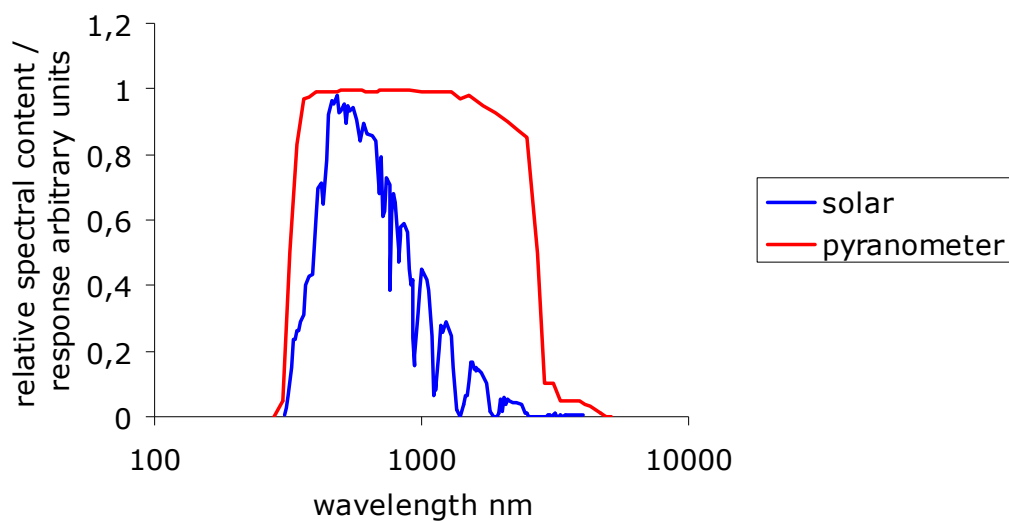



図 2.2　全天日射計のスペクトル応答と太陽スペクトルの比較
全天日射計は全太陽スペクトルの無視できる部分をカットオフするだけです。

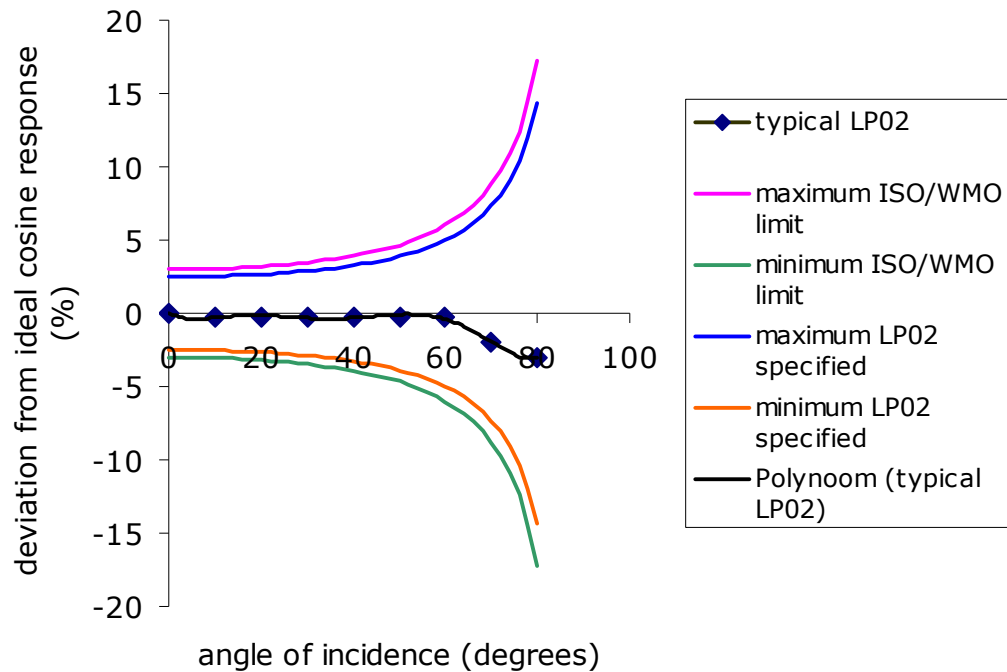



図 2.3　標準 LP02 のコサイン応答と ISO 9060 規格セカンドクラス全天日射計で許された限界値との比較、そして、LP02 の最大許容誤差範囲

熱電堆センサー上の黒色塗装は日射を吸収します。 この日射は、熱に変換されます。熱はセンサーを通して LP02 のハウジングに流れます。 熱電堆センサーは日射に比例して電圧出力信号を発生します。

3 仕様

LP02 全天日射計は、180 度の視野から平面に入射される日射量(日射フラックスともいいます)を W/m^2 で測定します(全天日射量といいます)。LP02 は熱電堆センサーを使用しており、電源不要な受動型センサーであり、日射フラックスに比例した微少な電圧を発生させます。 適正な測定システムと組み合わせることにより、使用することができます。

表 3.1 LP02 の仕様 (1)

LP02 ISO / WMO 仕様	
ISO 9060 / WMO 等級	セカンドクラス
1 応答時間(95%)	18 sec
2a ゼロオフセット赤外放射依存 (200 W/m^2)	< ± 15 W/m^2
2b ゼロオフセット温度依存 (5 k/h)	< ± 4 W/m^2
3a 非安定性(経年変化)	< ± 1 %/年
3b 非直線性 (100 ～ 1000 W/m^2)	< ± 1 %
3c 方向応答特性 (ビーム放射に対して)	< ± 25 W/m^2
3d 波長選択特性	< ± 5 %
3e 温度応答特性(50℃レンジ)	< ± 3 %
3f 傾斜応答特性	< ± 2 %

表 3.1　LP02 の仕様 (2)

LP02 測定仕様	
感度	10 ～ 40 mV/(kW/m^2)
標準出力レンジ	0 ～ 50 mV
動作温度	- 40 ～ + 80 ℃
内部抵抗	40 ～ 60 Ω
電源供給	不要 (受動型センサー)
ケーブル	10 m(600 g)　3 ～ 6.5 mmφ
測定範囲	0 ～ 2000 W/m^2
波長範囲	285 ～ 3000 nm
計測方法	1 差動電圧測定チャンネル　または 1 シングルエンド電圧測定チャンネル
水準器	水準器と水平調整用ネジ付属
変換式	Φ = U / E
日積算精度	± 10 %
大きさ	φ78 × H60 mm
本体重量	約 500 g
校正	
キャリブレーション	WRR　ISO 9847 準拠
推奨する校正間隔	2 年に 1 回
オプション	
感度調整	オプションの感度調整基板を LP02 内蔵すると、可変抵抗により感度を調整することができます
ケーブル延長	ご要望に応じて、標準以外のケーブルを供給できます。 追加ケーブル長を指定してください
アルベドメータ用金具	AMF01
日射量表示記録器	CHF-LI19

4　設置

4.1　設置

LP02 は通常水平に設置されますが、傾斜面、または逆さまの位置にも設置できます。
すべての場合において、センサー面に平行な表面に入射するフラックスを測定します。

表 4.1.1　LP02 推奨設置方法

機械的な取り付け	フランジの穴を使用してください。
日射測定	太陽とセンサーの間に影ができるような障害物は避ける位置に設置してください。 朝、夕の太陽高度角が低い場合にも陰にならないような水平面の視野が広い位置に設置してください。 ビルの壁面、電柱などの反射光が入らないように、南以外の方向も視野が広がる位置に設置してください。
水平調整	日射計の水平誤差は測定誤差に直結します。付属する水準器を使用して水平に設置してください。
方向調整	北半球は南側、南半球は北側
高さ	全天日射量の場合は 2m 以上、逆さまに設置する場合は、地上面から 1.5m の高さが WMO により推奨されています。(良い空間的平均化を得るため)

アルベド（反射日射）を測定する場合、下図のように設置してください。

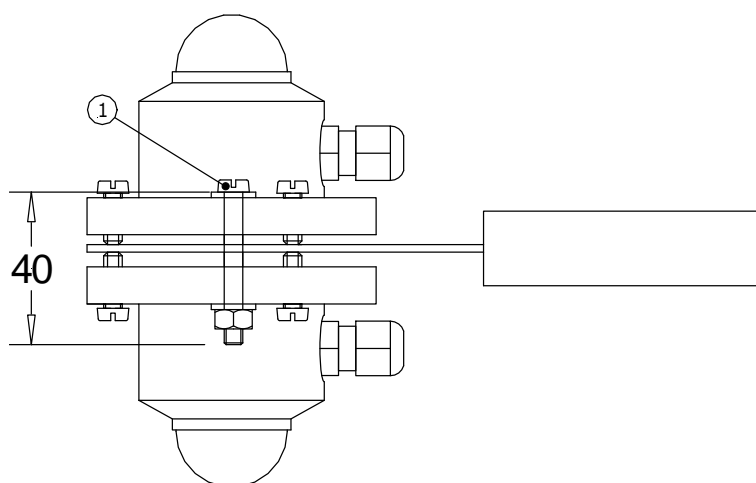



図 4.1.1　反射による日射測定のため,LP02 は背中合わせに取り付けます。 止めネジ①とボルト M5x40(2)で固定します(専用金具 AMF01 を使用)。

4.2　電気配線

LP02 を動作させるためには、測定システム（通常データロガーと呼ばれます）に接続します。
LP02 は、電源を必要としない受動型センサーです。
ケーブルは一般的に、静電容量性の雑音を拾うことによって、信号ひずみの原因となります。 したがって、データロガーまたはアンプとセンサー間は、できる限り短くすることが推奨されます。 ケーブル延長に関しては、付録を参照してください。

表 4.2.1　LP02 ケーブル配線

ケーブル	ケーブル色	測定システム
センサー出力 +	白	電圧入力 +
センサー出力 -	緑	電圧入力- or グラウンド
シールド		アナロググラウンド

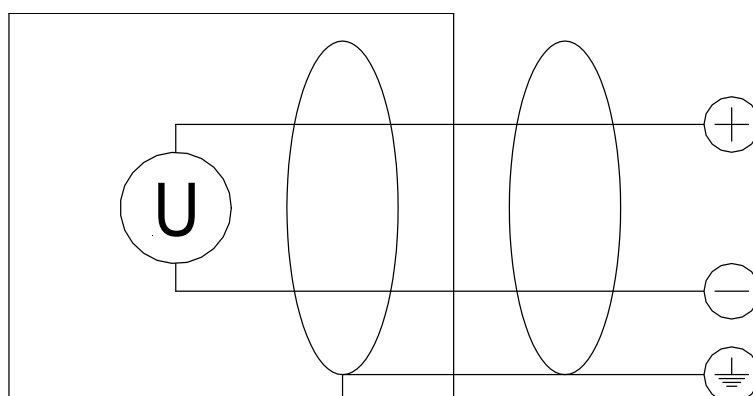



図 4.2.1　LP02 電気配線図

表 4.2.2　LP02 本体内部のコネクタブロックにおける標準的な内部接続。

センサー	プリント基板	ケーブル色
プラス(＋)	＋	白
マイナス(－)	－	緑
シールド	SH	シールド
	TR	未接続

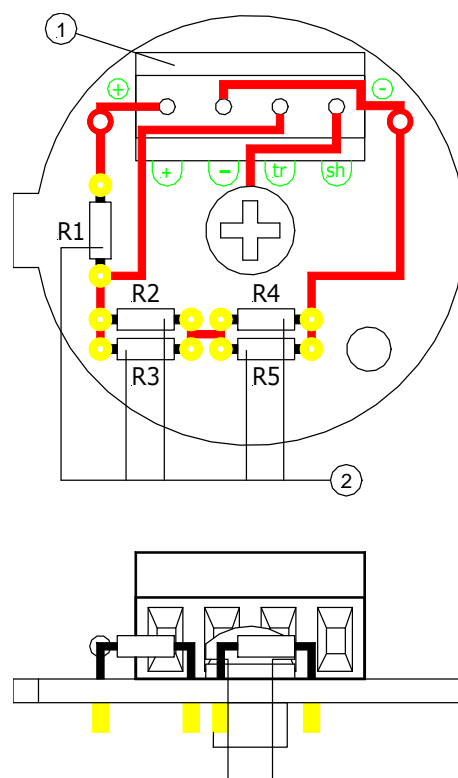



図 4.2.2　LP02 内部のプリント基板；

標準の構成では、＋、－と SH はコネクタブロック①を通してケーブルに接続されます。通常、トリミングのためのシャント抵抗②は使用されません。

4.3　トリミングオプション

シャント抵抗オプションが注文された場合、LP02 の感度調整が可能です。

重要事項:シャント出力を使用するには、内部のコネクタブロックにおける配線接続を変える必要があります。

表 4.3.1　トリミング後:LP02 のコネクタブロックにおける内部接続

センサー	プリント基板	カラーコード
プラス(＋)	＋	未接続
マイナス(－)	－	緑
シールド	SH	シールド
	TR	白

シャント抵抗のない感度 E は、シャント抵抗を付けることにより感度 Enew に変わることになります。 この過程はトリミングと呼ばれます。

LP02 センサー抵抗 Re sen を測定してください。 コネクタブロックの＋と－の間を測定するとこの抵抗値を測定することができます。測定は両極性で行い平均を取ってください。(オーム計がセンサー出力信号でばらつくため)

感度 Enew にトリミングするためのシャント抵抗値　Re sh　は、下記により求めてください。

Re sh = Re sen ((Enew) /(E - Enew))　　4.3.1

Re sh を作るために、R2 から R5 のすべての接続ポイントを使用できます。
通常 R1 はジャンパーされています。
R4 と R5 を使用しない場合は、ジャンプしてください
配線をはんだ付け後、4.3.1 の表を使用することにより再接続することができます。

抵抗の取り付けが正しかったか確認してください、抵抗は＋と－の配線間でチェックできます。

その値は、

Re sen new =1/((1/ Re sen)+(1/ Re sh))　　4.3.2

最終的に再校正を実施してください。

5　寸法

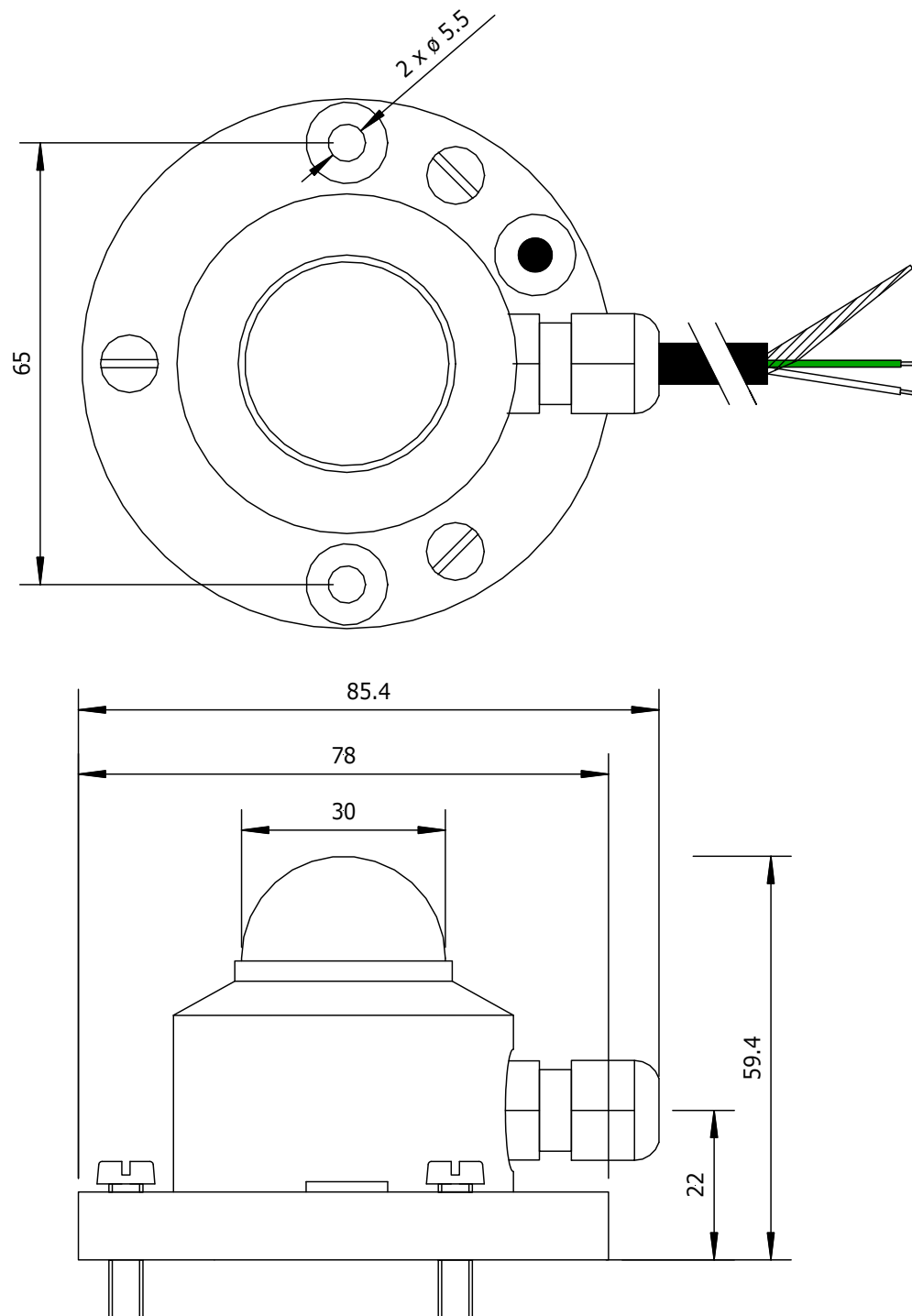
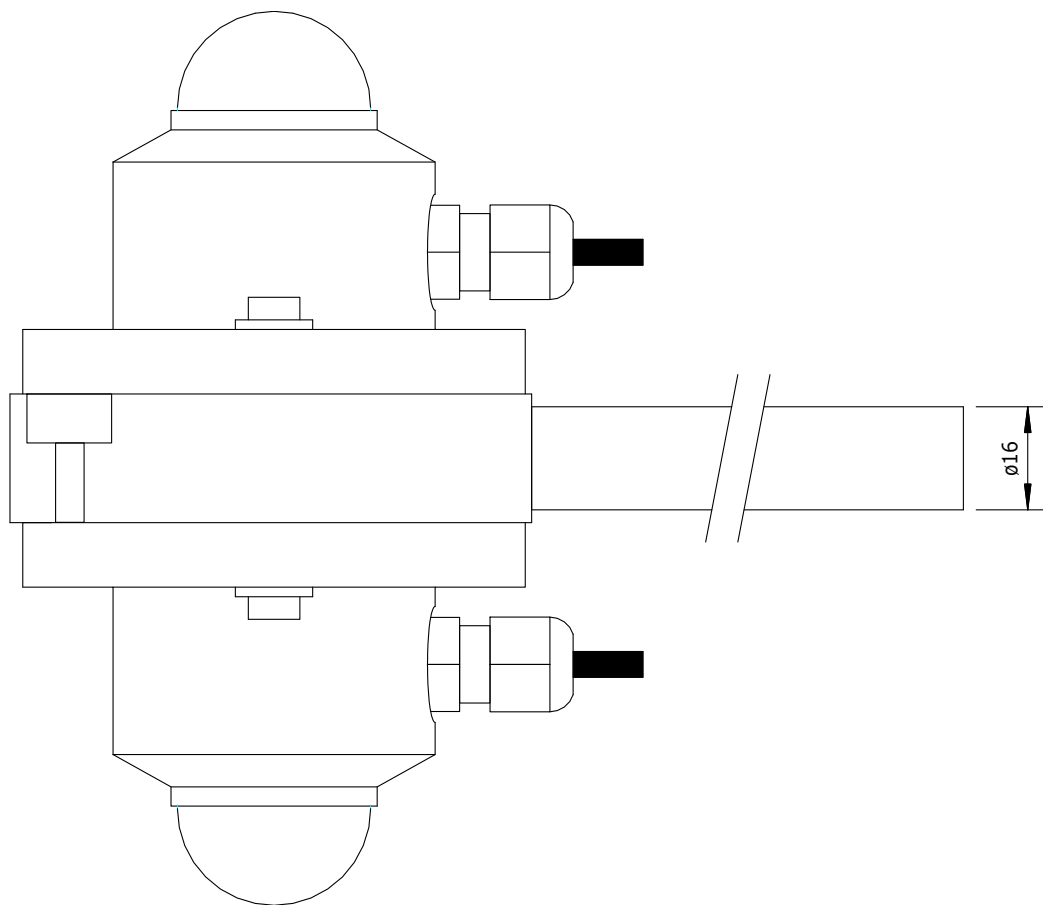



図 5.1　LP02 寸法 (mm)

図 5.2　寸法 アルベドメータ用金具 AMF01

E-maill: support@weather.co.jp
URL: http://www.weather.co.jp/

6 メンテナンスとトラブルシューティング

6.1 メンテナンス

一度設置された LP02 は、基本的にはメンテナンスフリーです。通常、故障の症状は、異常に大きいまたは小さい測定値に現れます。
一般的には、日頃の測定データのチェック(精査)が最も良いメンテナンス方法であるといえます。

一定の間隔を置いてケーブルの品質をチェックしてください。

2 年毎に、屋内の施設で校正を行ってください(購入業者にご相談ください)。

表 6.1.1 LP02 推奨メンテナンス

データ精査
蒸留水またはアルコールによるドームの洗浄
ドーム内部の点検: 結露がないこと
水平の検査 (センサーの傾きの変化)
ケーブルの接続点検
再校正: 通常 2 年毎に野外でより高い準器との相互比較により行います

6.2 トラブルシューティング

この章ではセンサーが正常に機能しない場合、その原因を診断するための情報です。

表 6.2.1 LP02 トラブルシューティング

センサー信号が出力されない	センサーワイヤのインピーダンス(抵抗)を測定してください。 正常であれば、約 100Ω＋ケーブル抵抗分になります(通常 0.1Ω/m)。 抵抗がゼロに近ければ、短絡しています（配線をチェックしてください)。 抵抗が無限大であれば、接触不良です(コネクターの接続、断線をチェックしてください)。 この場合センサー不良もあります。センサーが太陽やランプなどの熱源にに反応するかどうかチェックしてください。 10cm の距離に取り付けられた 100W のランプには明確な反応するはずです。 データロガー、計測装置に対して、キャリブレーターにより mV 電圧を与えて、正しく計測するかをチェックしてください。
センサー信号が異常に高いまたは低い	正しい校正係数が校正式に入れられているかチェックしてください。 各センサーにはそれ自身の個々の校正係数があります。 電圧の読取値が校正係数で割られているかチェックしてください。 ロガーへのケーブル状態をチェックしてください。 ケーブル断線がないかチェックしてください。 センサーの出力範囲が、データロガーの測定レンジ範囲内かをチェックしてください。 データロガー、計測装置に対して、キャリブレーターにより mV 電圧を与えて、正しく計測するかをチェックしてください。
センサー信号がいちじるしく変動する	電磁放射の強い発信源がないかチェックしてください。(レーダー、ラジオなど) センサー、ケーブルのシールドの状態をチェックしてください。 センサーケーブルの状態をチェックしてください。

7 データ取得/増幅のための要件

表 7.1 データ取得/増幅のための要件

mV 信号を測定する能力	推奨: 5 mV 精度 必要最小限: 20 mV 精度 (収集、増幅機器とも、使用温度範囲において)
データロガーまたはソフトウェアの能力	データ保存および、日射量を計算するための演算ができること

E-maill: support@weather.co.jp
URL: http://www.weather.co.jp/

8　付録

8.1　付録　ケーブル延長/交換

LP02は1本のケーブルで供給されます。データロガーまたはアンプとセンサー間は、できるだけ短く保つことが推奨されています。 ケーブルは一般的に、静電容量性の雑音を拾うことによって、信号ひずみの原因となりますが、LP02はケーブルを少しの問題もなく100mまで延長することができます。 延長した場合、センサー信号は小さくなりますが、センサーインピーダンスが非常に低いので、大幅に低下することはないでしょう。
ケーブルと接続仕様について以下に示します。

表8.1.1　LP02ケーブル延長の仕様.

ケーブル	2線シールド銅線(Hukseflux では 3線シールドケーブルを使用し、内2線を使用します。)
ケーブル抵抗	0.1 Ω/m 以下
外側の直径	(推奨) 5 mm
外被	(推奨) ポリウレタン(屋外用途にて良い安定性のため)
延長接続	オリジナルのセンサーケーブルに新しいケーブルの芯線とシールドをそれぞれ半田付けしてください。そして、収縮チューブ、ビニールテープ、ブチルテープを用いて防水してください。または、防水コネクターを使用してください。

8.2 付録　校正

WRR(世界放射基準)は、SI 国際単位系で表された放射の測定基準です。 WRR は太陽放射測定の世界的な均質性を確立するために導入され、1980 年以来使用されています。WRR は 15 台の校正された絶対放射計から選ばれた一つのグループによって測定された値の加重平均から定義づけされます。
この推定精度はおよそ 0.3%です。 WMO(世界気象機関)は、1979 年に上記基準での使用を義務づけました。

放射測定の世界的な均質性はスイスのダボスにある世界放射センターによって保証されます。世界放射センターは、WRR を実現する WSG(世界標準グループ)を維持しています。
http://www.pmodwrc.ch/

Hukseflux の標準器は野外の WRR 基準に則って校正しています。Hukseflux の校正条件にあわせるため、次の校正値を若干修正しています。
天頂の太陽高度と 500W/m^2 日射量に対する補正。 (野外校正では、太陽は通常 20-40 度の天頂角、全日射量は 700W/m^2)

全天日射計の再校正は通常野外でリファレンス用全天日射計との比較により行われます。適用規格は ISO 9847、”国際規格の太陽エネルギーリファレンス用全天日射計との比較による野外全天日射計の校正” です。
Hukseflux では、同じ規格に従った屋内の校正が使用されています。(ISO9060 規格の Appendix A で、説明されています)。

Hukseflux が推奨する再校正方法は、なるべく屋内の標準的な放射条件の下で、同じ種類の基準計器と比較することです。

フィールド比較の場合、ISO はより高いクラスとの野外校正を推奨しています。実際には条件により誤差が生じるので、Hukseflux はこの方法には同意しません。 セカンドクラスの全天日射計では特に、遠赤外線オフセットが誤差原因のほとんどです。 しかし、この誤差は太陽高度と青空の量によって大きく変化します。
したがって、同じブランド・タイプの全天日射計と比較することがより確実です。

また ISO は、数日間の野外校正を行うよう推奨しています。 (雲のない状態で 2～3 日間、曇天条件で 10 日間。) 一般的に、これは達成可能ではありません。

野外での相互比較を行うため、Hukseflux の主な推奨方法を以下に示します。

同じブランドとタイプの全天日射計と比較します。電子機器の誤差(またはオフセット）を除去するため、両方とも同じ電子機器に接続します。
センサーを同じ温度条件にするため、同じプラットホームに取り付けます。
電子機器が独自に校正されると仮定されるのは以下です。

1. 可能な限り直達入射の放射量を見るようにします(可能であれば、全天日射計を傾けます)
2. 高度 20 度以下で計測した 1 時間または 1 日の合計をすべて無視して比較するのは不可能かもしれません。
3. 10 分の平均値を取って、日射なしでゼロであると仮定された 2 つの信号間の相関関係を使用して相対的な校正値を決定してください。

一般的にセカンドクラスの全天日射計は、±10%以上の変動値は修正されるべきです。それ以下の変動値は許容範囲と解釈されます。 ファーストクラスの全天日射計では、リミットは±5%に設定されています。 それ以下は許容範囲と解釈されます。
準器(Secondary Standard)の全天日射計では、リミットは±2%に設定されています。

8.3　付録　センサーコーティング

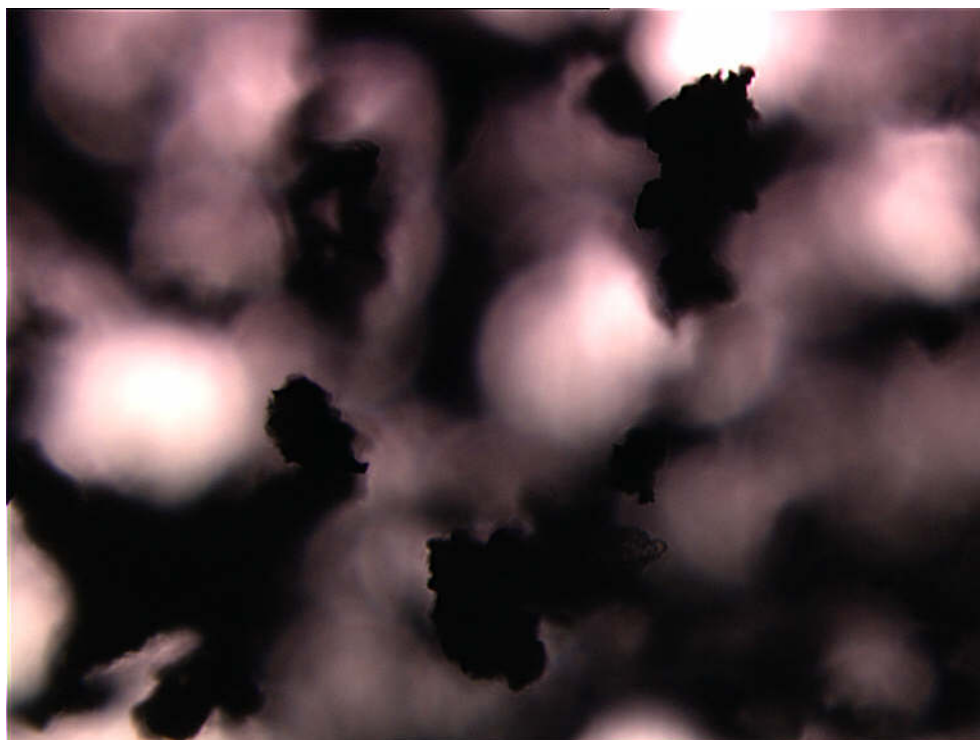



図 8.3.1　共焦点レーザー顕微鏡によるコーティングされた Hukseflux 受光部センサー表面です。炭素ベースのコーティングは非常に高い多孔性で、各部がライトトラップとして作用します。 結果的には非常に高い光の吸収性を持つコーティングです。 カーボン粒子の両端に焦点を合わせると、ピンぼけな状態で下位層のアウトラインを見ることができます。

8.4 CE 適合申告

According to EC guidelines 89/336/EEC,

We: Hukseflux Thermal Sensors

Declare that the product: LP02

Is in conformity with the following standards:

Emissions:

Radiated:	EN 55022: 1987	Class A
Conducted:	EN 55022: 1987	Class B

Immunity:

ESD	IEC 801-2; 1984	8kV air discharge
RF	IEC 808-3; 1984	3 V/m, 27-500 MHz
EFT	IEC 801-4; 1988	1 kV mains, 500V other

Delft
August 2006